



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 32 15 003.2  
②② Anmeldetag: 22. 4. 82  
④③ Offenlegungstag: 3. 11. 83

DE 32 15 003 A 1

⑦① Anmelder:  
Fresenius AG, 6380 Bad Homburg, DE

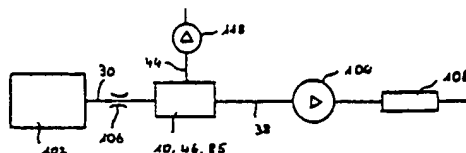
⑦② Erfinder:  
Polaschegg, Hans-Dietrich, Dr., 6370 Oberursel, DE;  
Mathieu, Bernd, Dr., 6683 Spiesen, DE

BEST AVAILABLE COPY

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Dialysevorrichtung mit verbesserter Luftabscheidung

In einer Dialysevorrichtung ist zur Entfernung der Luft aus dem Dialysat ein Unterdruckbereich, der zwischen einem Drosselorgan und einer Saugpumpe gebildet ist, mit einem Luftabscheidegefäß vorgesehen, das mittels einer hydrophoben mikroporösen Membran in zwei Kammern geteilt ist. Durch die eine Kammer wird das im Unterdruckbereich in ein Luft-Wasser-Gemisch getrennte Dialysat befördert, während die andere Kammer mit einer Saugpumpe in Verbindung steht, wobei deren Saugdruck größer ist als der Saugdruck der Pumpe im Unterdruckbereich. Infolgedessen wird die im Luft-Wasser-Gemisch vorhandene Luft durch die hydrophobe Membran abgesaugt, während das Wasser an der Membran zurückgehalten wird.  
(32 15 003)



DE 32 15 003 A 1

Patentansprüche

1. Dialysevorrichtung mit einem Dialysator und einer Vorrichtung zur Zuführung von Dialysat, die mittels einer Leitung verbunden sind, welche wenigstens eine Pumpe zur Förderung des Dialysats zu und durch den Dialysator, wenigstens ein Drosselorgan zur Steuerung eines Unterdrucks und wenigstens ein Luftabscheidegefäß aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Luftabscheidegefäß (10, 46, 85) durch eine hydrophobe mikroporöse Membran (20, 70, 86) in Gefäßkammern (22, 24, 74, 76, 92, 94) geteilt ist, wobei die Gefäßkammer (24, 76, 94) mit einer Saugpumpe (104, 118) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in dem Luftabscheidegefäß (10) eine flächige hydrophobe Membran (20) angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in der Luftabscheidevorrichtung (46, 85) eine schlauchförmige Membran (70, 87) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die schlauchförmige  
Membran (87) jeweils an zwei auf der Unterseite des  
Deckels (50) angeordneten Anschlüssen (67, 68) be-  
festigt ist, die über Bohrungen (64, 65) mit Anschlus-  
sen (66, 69) in Verbindung stehen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der eine Anschluß  
(66) mit der Leitung (44) in Verbindung steht, wäh-  
rend der andere Anschluß (69) mit einem Stopfen (72)  
verschlossen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß das eine Ende des  
Schlauches (70) mit dem Anschluß (67) verbunden ist,  
während das andere Ende des Schlauches mit einem  
Stopfen verschlossen ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der Schlauch (87) im  
Luftabscheidegefäß (85) coaxial angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der Schlauch (70, 87)  
im Luftabscheidegefäß (46, 85) spiralförmig angeord-  
net ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß als hydrophobes Mate-  
rial Polyethylen, Polypropylen, Polysulfone oder poly-  
mere Halogenkohlenwasserstoffe in Frage kommen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß PTFE in Frage kommt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die flächige Membran-  
folie eine Stärke von 0,05 - 0,1 mm und eine Poren-  
größe von 0,02 - 1,0  $\mu\text{m}$  aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die Membranfolie  
eine Porengröße von 0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$  aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die schlauchartige  
Membran eine Wandstärke von 0,2 - 0,6 mm und eine  
maximale Porengröße bis 2,5  $\mu\text{m}$  aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die Oberfläche der  
hydrophoben Membran in einem Bereich von 10 - 30 cm<sup>2</sup>  
liegt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der Einlauf in das  
Luftabscheidegefäß (10, 46) in der Nähe der Unter-  
seite des Deckels (16, 50) und der Auslauf am Ge-  
fäßboden angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß das Luftabscheide-  
gefäß (10, 46, 85) im Unterdruckbereich angeordnet  
ist, der zwischen dem Drosselorgan (106) und  
der Pumpe (104, 116) gebildet ist, wobei die zu  
entluftende Flüssigkeit zu und durch die Kammer (22,  
74, 92) förderbar ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß sowohl vor als auch  
hinter dem Dialysator (108) jeweils ein Luftab-  
scheidegefäß (10, 46, 85) im entsprechenden Unter-  
druckbereich angeordnet ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die stromauf und  
stromab des Dialysators angeordneten Luftabschei-  
degefäße (10, 46, 85) durch eine Saugpumpe (118) ent-  
luftbar sind.
19. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die stromauf des  
Dialysators (108) befindliche Flüssigkeit durch die  
direkt mit der Pumpe (104) in Verbindung stehende  
Kammer (24, 76, 94) führbar ist, während die strom-  
ab des Dialysators (108) befindliche Flüssigkeit  
durch die andere Kammer (22, 74, 92) des Luftabschei-  
degefäßes (10, 46, 85) führbar ist, wobei auf der  
Primärseite ein größerer Unterdruck vorliegt als auf  
der Sekundärseite.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß stromab der Pumpe  
(104) ein Behälter (124) vorgesehen ist, von dem  
eine Leitung (126) zur Bilanzierungseinheit (110)  
und eine Leitung (128) zum Wasser- oder Dialysat-  
reservoir (102) abzweigen.

FRESENIUS AG  
6380 Bad Homburg vdH

PATENTANWÄLTE  
R.-A. KUHNEN\*, DIPL.-ING.  
W. LUDERSCHMIDT\*\*, DR., DIPL.-CHEM.  
P.-A. WACKER\*, DIPL.-ING., DIPL.-WIRTSCH.-ING.

- 11 FR 0481 4/kub -

## Dialysevorrichtung mit verbesserter Luftabscheidung

Die Erfindung betrifft eine Dialysevorrichtung mit einem Dialysator und einer Vorrichtung zur Zuführung von Dialysat, die mittels einer Leitung verbunden sind, welche wenigstens eine Pumpe zur Förderung des Dialysats zu und  
5 durch den Dialysator, wenigstens ein Drosselorgan zur Steuerung eines Unterdrucks und wenigstens ein Luftabscheidegefäß aufweist.

Bei der Dialyse werden erhebliche Mengen Wasser zur Herstellung des Dialysats benötigt, das bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck etwa 16 ml Luft/l aufweist und regelmäßig luftgesättigt ist. Die Löslichkeit von Luft in Wasser nimmt bei Erhöhung der Temperatur und Verminderung des Druckes ab, so daß Luftblasen nach entsprechender Übersättigung des Dialysats mit Gas freigesetzt  
15 werden können.

Die Entstehung von Gasblasen im Dialysat ist jedoch nachteilig, da sie die Funktion des Durchflußmessers, der Leitfähigkeitsmeßzelle und des Blutleckdetektors  
20 beeinflussen, sich im Dialysator ansammeln und einen

BÜRO 6370 OBERURSEL\*\*  
LINDENSTRASSE 10  
TEL. 06171/56849  
TELEX 4186343 real d

BÜRO 8050 FREISING\*  
SCHNEGGSTRASSE 3-5  
TEL. 08161/62091  
TELEX 526547 pawad

ZWEIGBÜRO 8390 PASSAU  
LUDWIGSTRASSE 2  
TEL. 0851-30010

TELEGRAMMADRESSE PAWAMUC — POSTSCHECK MÜNCHEN 1360 52-802

— TELECOPY: 08161/62096 (GROUP II - automat.) —

2-67

- 1 Leistungsabfall bewirken können. Die Gefahr der Gasblasen-  
bildung ist insbesondere bei der bettseitigen Herstellung  
des Dialysats unter Zuhilfenahme von üblicherweise kaltem  
Leitungswasser und Konzentrat zu befürchten. Zur Optimie-  
5 rung der Behandlung wird diese Methode der Dialysather-  
stellung heute weitgehend eingesetzt, so daß die mit  
einer Dialysatherstellungseinrichtung versehenen Dialyse-  
vorrichtungen durchweg eine Vorrichtung zur Abscheidung  
von Luft aus dem unter Einsatz von Leitungswasser herge-  
10 stellten Dialysat aufweisen.

- Da Leitungswasser üblicherweise eine Temperatur von  
5 - 10°C aufweist und die daraus hergestellte Dialyse-  
lösung auf die Körpertemperatur erwärmt und für die Durch-  
15 führung der Ultrafiltration (Flüssigkeitsentzug aus dem  
Patienten) auf einen Unterdruck bis etwa 0,6 bar gebracht  
werden muß, findet eine Übersättigung des Dialysats mit  
Luft und hierauf eine Luftblasenbildung statt, da die  
Löslichkeit von Luft in Wasser bei einer derartigen  
20 Behandlung abnimmt. Diese überschüssige Luft muß soweit  
entfernt werden, daß negative Einflüsse auf den Stoff-  
austausch im Dialysator vermieden werden. Hierzu sind  
die nachstehend erläuterten Luftabscheidevorrichtungen  
bekannt, wobei Heizungs- und Entgasungssysteme zum  
25 Einsatz kommen.

- In der DE-OS 28 38 414 ist eine Dialysevorrichtung be-  
schrieben, in der eine Unterdruckentgasungsvorrichtung  
zur Entfernung der überschüssigen Luft eingesetzt wird.  
30 Da es sich bei dem in der DE-OS beschriebenen Dialyse-  
system um eine Bilanziervorrichtung mit Bilanzkammern  
handelt, die jeweils durch eine undurchlässige Membran  
in zwei Kammerhälften geteilt sind, wobei auf der einen  
Seite frische Dialysatlösung und auf der anderen Seite  
35 verbrauchte Dialysatlösung im Takt zu- und abgeführt  
werden, ist insbesondere die Luftentfernung in beiden  
Kammern zwingend notwendig, da die Bilanzierung anson-  
sten empfindlich gestört wird und die Dialyse selbst

7-7.

1 negativ beeinflusst wird. Gemäß dieser Dialysevorrichtung  
sind daher zwei Luftabscheidungsrichtungen vorgesehen,  
nämlich auf der Seite der Zuführung von frischem Dialysat  
zum Dialysator (Primärseite) und auf der Seite des ver-  
5 brauchten Dialysats nach Durchlauf durch den Dialysator  
(Sekundärseite). Da im primärseitigen Luftabscheider  
die Luft nicht bis zum Sättigungsgleichgewicht entfernt  
werden kann, kommt es im Dialysator zu einer Nachent-  
gasung, die zwar noch nicht den Stoffaustausch, wohl  
10 aber die Bilanzierung des gesamten Systems stören kann,  
so daß die gebildeten Luftblasen auf der Sekundärseite  
entsprechend entfernt werden müssen.

15 Auf der Primärseite wird Wasser aus einer Wasserleitung  
durch ein elektromagnetisches Ventil im freien Fall in  
einen zweiteiligen Behälter zugeführt, in dessen linken  
Teil ein Heizer angeordnet ist, der das Wasser auf die  
Körpertemperatur von etwa 37°C erwärmt. Anschließend  
20 strömt das Wasser über eine Überlaufbarriere in den  
rechten Teil des Behälters, in dem ein Niveausensor das  
Wasserniveau durch Steuerung des vorstehenden Magnet-  
ventils entsprechend reguliert. Dieses Gefäß steht über  
eine Leitung mit einer Pumpe in Verbindung, wobei strom-  
auf der Pumpe ein Drosselventil angeordnet ist. Diese  
25 Anordnung bewirkt, daß das Fördervermögen der Pumpe er-  
heblich größer ist als ihre Förderleistung, so daß in  
der Leitung ein Unterdruck von üblicherweise 0,8 bar  
entsteht. Da die in Wasser gelöste Luft beim Anlegen

30

35



1 des Unterdrucks keinesfalls schlagartig entweicht und  
hierzu eine längere Verweilzeit notwendig ist, ist strom-  
auf der Pumpe ein Luftabscheidegefäß vorgesehen, um die  
Gasfreisetzung zu verbessern. Aus diesem Gefäß wird die  
5 freigesetzte Luft und das Wasser durch die Pumpe auf  
einen Druck von etwa 0,4 - 2 bar komprimiert und in  
einen weiteren Behälter gefördert, in dem zwei Leitungen  
abzweigen, wobei durch die eine Leitung im wesentlichen  
luftfreies Wasser zur Dialysevorrichtung abgepumpt wird,  
10 während in der anderen Leitung Luft und restliches Was-  
ser zum Eingangsbehälter zurückströmen, in dem die über-  
schüssige Luft entweicht. Dabei wird die Pumpleistung so  
gewählt, daß das Wasser im Mittel etwa zweimal rezirku-  
liert und entgast wird, bevor es zur Dialysiervorrich-  
15 tung weiterströmt.

Neben der Tatsache, daß die Rezirkulation sehr aufwendig  
ist, begünstigt die stromab der Pumpe erfolgende Kom-  
primierung des Luft-Wasser-Gemisches die erneute Lösung  
20 von freigesetzter Luft in Wasser, so daß die angestrebte  
Entgasung nicht vollständig ablaufen kann.

Gemäß dieser Offenlegungsschrift ist auf der Sekundär-  
seite ebenfalls eine Einrichtung vorgesehen, um die nach  
25 dem Dialysator freiwerdende Luft abzuscheiden. Diese be-  
steht aus einem Luftabscheidegefäß mit Schwimmer, der  
beim Absinken des Flüssigkeitsniveaus die Abgabe der Luft  
an die Umgebung ermöglicht.

30 Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß dieses Verfahren  
nicht immer funktioniert. Insofern ist in dem kommer-  
ziell erhältlichen Gerät der Anmelderin dieses Verfah-  
rens ein Sekundärluftabscheider im Unterdruckteil der Vor-  
richtung angeordnet. Dabei veranlaßt ein im Luftab-  
35 scheidegefäß vorgesehener Luftsensord ein taktweises  
Öffnen eines Luftabscheideventils und den Einsatz einer  
weiteren Pumpe, wodurch Luft aus dem Luftabscheidegefäß

8-9-

- 1 in den Unterdruckteil der Primärseite abgesaugt wird.  
Hier erfolgt wiederum die übliche, vorstehend beschriebene Abtrennung der Luft aus der wässrigen Lösung.
- 5 Aus der US-PS 42 93 409 ist eine Dialysevorrichtung bekannt, bei der stromauf des Dialysators ein Drosselventil und eine Pumpe vorgesehen sind, die gleichzeitig als Konstantflußgenerator für eine stromab des Dialysators vorgesehene Dialysierflüssigkeitsunterdruckpumpe dient.
- 10 Da zwischen dem Drosselventil und der ersten Pumpe ein Unterdruck anliegt, was zur Entgasung des Wassers führt, ist stromab dieser Pumpe ein Luftentgasungsbehälter vorgesehen, in dem sich die freigewordene Luft ansammelt und oben abgezogen wird, wenn ein Schwimmer die Entgasungs-
- 15 Öffnung bei abgefallenem Wasserstand freigibt. Das Gas wird dann an dem Dialysator vorbei der Leitung zugeführt, die den Dialysator mit der Dialysierflüssigkeitsunterdruckpumpe verbindet. Die Ausscheidung der Luft erfolgt somit durch Abpumpen durch die letztgenannte Pumpe.
- 20 Bei der Dialysevorrichtung von Drake Willock mit der Bezeichnung 7000 ist stromab einer Vorrichtung zur Konstanthaltung des Wasserflusses eine Pumpe vorgesehen, die so eingestellt ist, daß dazwischen Unterdruck erzeugt und
- 25 somit die in Wasser gelöste Luft freigesetzt wird. Diese wird durch die Pumpe komprimiert und gelangt mit dem Wasser in eine Luftabscheidekammer, deren Fullstandshöhe durch einen Schwimmer geregelt wird. Dieser Schwimmer gibt bei Unterschreiten der eingestellten Höhe eine Öff-
- 30 nung frei, so daß die angesammelte Luft in die Atmosphäre entweichen kann. Stromab der Kammer fließt das Wasser bzw. das Dialysat durch eine Drossel und den Dialysator zu einer weiteren Pumpe, deren Saugleistung so geregelt wird, daß sich im Dialysator der zur Filtration ge-
- 35 wünschte Unterdruck einstellt.

1 Eine weitere Entgasungsmethode ist aus der Dialysevor-  
richtung der Firma Dylade mit der Bezeichnung F bekannt,  
bei der Wasser durch ein Ventil dem Primärteil eines  
Wärmetauschers zugeführt und dort auf 80°C aufgeheizt  
5 wird. Anschließend wird das aufgeheizte Wasser durch eine  
Düse in einen offenen Wasserbehälter eingesprüht, wobei  
das gelöste Gas größtenteils entweicht. Ein im Wasserbe-  
hälter vorgesehener Heizer heizt das Wasser weiter auf,  
um den Energieverlust im Wärmetauscher und in den Lei-  
10 tungen auszugleichen. Anschließend fließt das Wasser im  
Gegenstrom durch das Sekundärteil des Wärmetauschers mit  
Hilfe einer stromab des Wärmetauschers vorgesehenen Pum-  
pe.

15 Die vorstehend erläuterten Entgasungsverfahren weisen  
den Nachteil auf, daß die im Unterdruckbereich aus dem  
Wasser ausgetriebene Luft durch die gleiche Pumpe in  
einen Überdruckbereich gefördert wird und dort natürlich  
der angestrebte Zweck, nämlich die Luft aus dem Wasser  
20 zu entfernen, wieder verloren geht. Somit muß entweder  
teilweise mit Luft versetztes Wasser in Kauf genommen  
werden oder aber das Wasser bzw. die wässrige Lösung  
rezirkuliert werden, um den Luftgehalt im Wasser auf den  
gewünschten Mindestgehalt zu senken.

25 Darüber hinaus sind im Luftabscheidegefäß auf der Über-  
druckseite Schwimmer oder Rückschlagventile nötig, durch  
deren Steuerung die Luft entweichen kann. Derartige Ein-  
richtungen funktionieren häufig nicht einwandfrei und sind  
30 überdies schlecht zu desinfizieren. Weiterhin kann Desin-  
fektionsmittel dabei in das System eindringen, was höchst  
gefährlich ist.

Die thermische Entgasung bringt zwar die gewünschte Ent-  
fernung der Luft aus dem Wasser, ist jedoch aufgrund des  
35 apparativen Umfangs (Wärmetauscher, Heizer, Auffang-  
becken) sehr aufwendig und vor allem platzraubend. Hinzu  
kommt, daß die Aufheizung von Wasser trotz des vorgese-

- 1 henen Wärmetauschers erhebliche Energie verbraucht, so  
daß hierdurch das gesamte Dialyseverfahren erheblich ver-  
teuert wird.
- 5 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine  
Dialysevorrichtung der eingangs erwähnten Art zur Ver-  
fügung zu stellen, bei der im Unterdruckbereich auf ein-  
fache Weise die aus dem Wasser freigesetzte Luft entfernt  
werden kann.
- 10 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das Luftabscheide-  
gefäß durch eine hydrophobe, mikroporöse Membran in Ge-  
fäßkammern geteilt ist, wobei eine der Gefäßkammern mit  
einer Saugpumpe verbunden ist.
- 15 Die erfindungsgemäße Dialysevorrichtung hat den Vorteil,  
daß die aus dem Wasser freigesetzte Luft unmittelbar  
dort aus dem Dialysesystem entfernt wird, wo die Frei-  
setzung stattfindet. Dabei wird die vorstehend erwähnte  
20 nachteilige Komprimierung der freigesetzten Luft mit dem  
Wasser vermieden, so daß die früher notwendig erachtete  
Rezirkulation bzw. die Hinnahme von Luft enthaltendem  
Wasser entfällt. Da im Unterdruckbereich die Luft im  
25 ausreichenden Umfang aus dem Wasser entfernt wird, stellt  
das so behandelte Wasser bzw. das Dialysat keine auf die  
entwickelte Luft zurückzuführende Einschränkung der Stoff-  
austauschleistung mehr dar.
- 30 Die erfindungsgemäße Anordnung, die im wesentlichen aus  
einem Drosselorgan, dem Luftabscheidungsgefäß und einer  
Pumpe besteht, kann sowohl in einfacher als auch in dop-  
pelter Ausführung in einer Dialysevorrichtung eingesetzt  
werden. So kann die bei einer Bilanziervorrichtung not-  
35 wendige doppelte Luftabscheidung auf der Primär- und  
Sekundärseite durch die Anordnung von zwei derartigen  
Abscheidungssystemen erfolgen, die ggf. gemeinsam be-  
trieben werden können.

1 Die erfindungsgemäß eingesetzte hydrophobe Membran teilt  
den Luftabscheidebehälter in zwei Kammern, nämlich eine  
Kammer, in die das Luft-Wasser-Gemisch gefördert wird,  
5 und eine Kammer, die lediglich mit Luft gefüllt ist und  
die über eine Leitung mit einer Saugpumpe in Verbindung  
steht. Diese Saugpumpe erzeugt in der zweiten Kammer  
einen derartigen Unterdruck, der einerseits ausreicht, um  
die freigesetzte Luft vollständig aus dem Behälter zu  
10 entfernen, andererseits jedoch Wasser nicht durch die Mem-  
branöffnungen zu saugen vermag. Demzufolge findet eine  
scharfe Trennung von Wasser und Luft an der Membranfläche  
statt.

15

Beim Einsatz der erfindungsgemäßen Entgasungsvorrichtung  
entfallen also somit komplizierte mechanische Regelein-  
richtungen, wie Schwimmer u.dgl., eine Luftentnahme auf  
20 der Überdruckseite und thermische Entgasungseinrichtungen  
mit hohem apparativen Aufwand.

Weitere Einzelheiten, Ausführungsformen und Merkmale  
sind in nachfolgender Beschreibung unter Bezugnahme auf  
25 die Zeichnung erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erste Ausführungs-  
30 form eines Luftabscheidegefäßes mit einer flächigen  
Membran;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungs-  
form eines Luftabscheidegefäßes mit einer rohr-  
förmigen Membran;

35

Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungs-  
form eines Luftabscheidegefäßes mit einer rohr-  
förmigen Membran;

- 1 Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Dialysevorrichtung mit einem Luftabscheidegefäß gem. Fig. 1 - 3  
und
- 5 Fig. 5 und 6 schematische Darstellungen einer Dialysevorrichtung mit Bilanzierung unter Einsatz von Luftabscheidegefäßen gem. Fig. 1 - 3.
- 10 Aus Fig. 1 ist mit 10 die erste Ausführungsform eines Luftabscheidegefäßes ersichtlich. Dieses Luftabscheidegefäß besteht aus einem topfartigen Behälter 12, der an seinem Rand einen Flansch 14 aufweist.
- 15 Dieser Behälter 12 kann mit einem domartigen Deckel 16 verschlossen werden, der ebenfalls an seinem Umfangsrand einen Flansch 18 aufweist. Dabei passen die beiden Flansche 14 und 18 paßgenau zusammen und dichten somit das Luftabscheidegefäß ab. Zwischen den beiden Flanschen 14 und 18 ist eine mikroporöse hydrophobe Membran 20
- 20 derart gelegt, daß sie die gesamte Querschnittsfläche des Luftabscheidegefäßes 10 überspannt und dieses in die Behälterkammer 22 und die Domkammer 24 teilt.
- 25 Der Behälter 12 weist vorzugsweise in der Nähe der Membran 20 eine Öffnung 26 auf, die auf der Außenseite des Behälters 12 mit einem Anschluß 28 in Verbindung steht. Dieser Anschluß 28 ist mit einer Zuleitung 30 verbunden, die nachstehend erläutert wird.
- 30 Im Boden 32 des Behälters 12 ist ebenfalls eine Öffnung 34 vorgesehen, die wiederum mit einem Anschluß 36 in Verbindung steht. An diesen Anschluß 36 schließt sich die ebenfalls nachstehend erläuterte Leitung 38 an.
- 35 Auch der Deckel 16 weist eine Öffnung 40 auf, die in einen Anschluß 42 übergeht, der wiederum mit einer Leitung 44 verbunden ist.

- 1 Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform besteht aus einem  
Luftabscheidegefäß 46, das in einen Behälter 48 und  
einen Deckel 50 geteilt ist. Der Deckel 50 weist einen  
Zentralbereich 52 auf, dessen Querschnittsfläche dem In-  
5 nenquerschnitt des Behälters 48 entspricht. An diesen  
Zentralbereich 52 schließt sich nach außen hin ein  
Flansch 54 an, der dichtend auf den Umfangsrand 56 des  
Behälters 48 gelegt werden kann.
- 10 Zur völligen Dichtung ist am Außenumfang des Zentralbe-  
reichs 52 eine Ringnut 58 vorgesehen, in die ein O-Ring  
60 eingelegt ist, der mit der Innenwand 62 des Behälters  
48 dicht abschließt.
- 15 Der Deckel 50 ist von Bohrungen 64 und 65 durchsetzt, an  
die sich jeweils auf der Unter- und Oberseite des Deckels  
50 Anschlüsse 66 und 67 sowie 68 und 69 anschließen.
- 20 Der Anschluß 66 ist wiederum mit der Leitung 44 verbun-  
den.
- 25 Der Anschluß 67 ist mit einem Rohr 70 aus einem mikro-  
porösen Membranmaterial verbunden, dessen andere Öffnung  
mit dem Anschluß 68 in Verbindung steht, wobei der An-  
schluß 69 mit einem Stopfen 72 verschlossen ist.
- 30 In dieser Ausführungsform ist das Rohr 70 in etwa u-förmig  
gebogen. Andererseits kann dieser Stopfen 72 auch direkt  
das Schlauchende verschließen, wobei das Rohr 70 sich  
beliebig in den Behälter 48 erstrecken kann.
- 35 Dieses Rohr 70 teilt den Behälter 48 in eine erste Kam-  
mer 74 und eine zweite Kammer 76, die dem Lumen des vor-  
teilhafterweise schlauchförmigen Rohres 70 entspricht.

- 1 Ebenso wie die erste Ausführungsform weist der Behälter 48 in Höhe der Unterseite des Deckels 50 eine Öffnung 78 auf, die über einen Anschluß 80 mit der Zuleitung 30 in Verbindung steht.
- 5 Auch der Boden des Behälters 48 weist eine Öffnung 82 auf, die über den Anschluß 84 mit der Leitung 38 in Verbindung steht.
- 10 In Fig. 3 ist eine dritte Ausführungsform gezeigt, die im wesentlichen aus einem Rohr 86 besteht, in dem koaxial ein Schlauch 87 aus einem mikroporösen hydrophoben Membranmaterial angeordnet ist. Die beiden offenen Enden des Rohres 86 weisen Anschlüsse 88 und 90 auf, auf deren
- 15 inneren Bereich der Schlauch 87 dicht aufgeschoben ist und die auf ihrem äußeren Bereich mit der Zuleitung 30 bzw. der Leitung 38 in Verbindung stehen. Somit wird von der Zuleitung 30 durch den Schlauch 87 und die Zuleitung 38 eine Flüssigkeitsverbindung erhalten.
- 20 Auch in dieser Ausführungsform stellt das Lumen des Schlauches eine erste Kammer 92 dar, die mit Wasser in Berührung steht, während der im Rohr 86 gebildete Ringraum 94 die zweite Kammer darstellt, die über eine in
- 25 dem Rohr 86 vorgesehene Öffnung 98 und einen Anschluß 100 mit der Leitung 44 in Verbindung steht.
- Dabei bildet die gesamte Anordnung das Luftabscheidegefäß 85, das in Fig. 3 gezeigt ist.
- 30 Die Funktionsweise der in Fig. 1 - 3 gezeigten Luftabscheidegefäße 10, 46 und 85 wird anhand der in Fig. 4, 5 und 6 schematisch gezeigten Dialysevorrichtungen erläutert.
- 35 Ein Wasser- oder Dialysatreservoir 102, in dem entweder fertiges Dialysat aus Kanistern oder aber frisch aufbereitetes Dialysat unter Zuhilfenahme von Leitungswasser



1 und eines Konzentrats zum Einsatz kommt, steht über die  
Leitung 30 mit dem Luftabscheidegefäß 10, 46 oder 85 in  
Verbindung, an das sich über die Leitung 38 eine Saug-  
pumpe 104 anschließt. Diese Saugpumpe 104 zieht Dialysat,  
5 das mit Luft gesättigt ist, aus dem Reservoir 102 ab und  
fördert dies in das Luftabscheidegefäß 10, 46 oder 85.  
Stromauf dieses Luftabscheidegefäßes ist ein Organ 106  
vorgesehen, das den Wasserfluß so hemmt, daß innerhalb  
des Unterdruckbereichs ein Unterdruck von -0,4 bis 0,8  
10 bar entsteht. Dieser Unterdruckbereich erstreckt sich  
somit von der Drossel 106 über das Luftabscheidegefäß  
bis zur Saugpumpe 104.

An die Pumpe 104 schließt sich das übliche Dialysesystem  
15 an, das u.a. gem. Fig. 4 einen Dialysator 108 aufweist.

Gemäß der in Fig. 5 gezeigten Dialysevorrichtung wird  
das Dialysat stromab der Pumpe 104 zunächst einer Bi-  
lanzierungseinheit 110 zugeführt, an deren Ausgang wie-  
20 derum der Dialysator 108 vorgesehen ist. Diese Bilanzie-  
rungseinheit ist beispielsweise in der DE-OS 28 38 414  
beschrieben, auf die Bezug genommen wird.

Da sich stromab der Bilanzierungseinheit 110 im Dialyse-  
25 system noch Luft ansammeln kann, ist stromab des Dialysa-  
tors 108 ein weiteres Luftabscheidesystem vorgesehen.  
Stromab der Pumpe 114 mündet die Leitung wiederum in die  
Bilanzierungseinheit 110, aus der verbrauchtes Dialysat  
endgültig über eine Leitung 112 endgültig ausgeschieden  
30 wird.

Das wasserhaltige Dialysat wird mittels der Pumpe 104  
bzw. 114 durch die Leitung 30 bzw. 116 in die erste  
35 Kammer 22, 74, 92, gepumpt, wobei vorzugsweise das in  
Fig. 3 gezeigte Luftabscheidegefäß 85 senkrecht angeord-  
net wird.

12 - 17.

1 Die im Luftabscheidegefäß 85 durch den Unterdruck freigesetzte Luftmenge wird durch die nachstehend erläuterte hydrophobe miroporöse Membran 20 bzw. den Schlauch 70 bzw. 86 mittels der Pumpe 118 abgesaugt und ins Freie  
5 befördert. Dabei ist die Leistung der Pumpe durch das von ihr erzeugte Vakuum begrenzt, wobei Wasser sicher an der hydrophoben Membran zurückgehalten wird, während die freigesetzte Luft vollständig in die zweite Kammer 24, 76, 94 durch das Membranmaterial hindurch abgesaugt und  
10 durch die Pumpe 118 ins Freie befördert wird.

Da im Unterdruckbereich ein Unterdruck von etwa 0,4 - 0,8 bar herrscht, muß zwangsläufig an der Pumpe 118 ein Saugdruck angelegt werden, der diesen Unterdruck und den  
15 Membranwiderstand überwindet. Diese Pumpe 118 kann sowohl intermittierend als auch kontinuierlich betrieben werden, wobei bei intermittierender Betriebsweise darauf zu achten ist, daß die Leitung 44 bei abgeschalteter Pumpe geschlossen ist. Dies kann beispielsweise durch  
20 ein nichtgezeigtes elektromagnetisches Ventil erfolgen, das beim Einschalten der Pumpe 118 geöffnet wird. Andererseits kann die Pumpe 118 auch selbst eine Sperre darstellen, was eine Rollenpumpe bewirken kann.

25 Eine intermittierende Betriebsweise ist dann zu bevorzugen, wenn im Dialysat wenig Luft vorhanden ist. In diesem Fall kann die Pumpe so gesteuert werden, daß sie in bestimmten Zeitintervallen aus- und eingeschaltet wird, ohne daß es hierbei zu einem Auslaufen der Kammer 22 und  
30 74 kommt. Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform muß jedoch die Pumpe 118 permanent laufen, da in diesem Luftabscheidesystem kein quasi-stationärer Zustand vorliegt.

- 1    Hydrophobe Membranen sind in der Medizintechnik bekannt und werden beispielsweise als Sterilfilter zum Schutz vor Infektionen und als künstliches Gefäßmaterial eingesetzt.
- 5    Zu derartigen Materialien gehören beispielsweise Polyethylen, Polypropylen, Polysulfone und polymere Halogenkohlenwasserstoffe. Bevorzugt sind Polypropylen und polymere Fluorkohlenwasserstoffe, insbesondere PTFE. Ein derartiges Membranmaterial kann durch Bestrahlen mit radioaktiven Teilchen oder aber in Form eines Fließes hergestellt werden und wird beispielsweise von der Firma Gore unter der Bezeichnung GORE-TEX in den Handel gebracht.
- 10    Derartige Membranfolien haben üblicherweise eine Stärke von 0,05 - 0,1 mm und weisen Porengrößen von 0,02 - 1,0, vorzugsweise 0,2 - 0,5  $\mu$ m auf. Dabei liegt die Porosität in einem Bereich von 50 - 90 %.
- 15    Porengröße und Membrandicke sind miteinander korrelierte Größen und werden so gewählt, daß der Wassereintrittsdruck etwas über dem von der Saugpumpe 118 an die Membran anzulegenden Druck ist. Vorzugsweise wird ein Membranmaterial gewählt, dessen minimaler Wassereintrittsdruck oberhalb 1 - 2 bar liegt.
- 20    Als einsetzbar hat sich beispielsweise eine flächige PTFE-Membran erwiesen, die eine mittlere Porengröße unter 0,5  $\mu$ m besitzt und deren Dicke etwa 0,06 - 0,8 mm beträgt. Eine derartige Membran läßt bei den angezeigten Saugdrücken sicher die freigesetzte Luft durch.
- 25    Da sich derart dünne Membranen in aller Regel nicht zur Herstellung eines Schlauches 70 bzw. 86 eignen, werden
- 30    Schläuche mit größerer Wandstärke, beispielsweise 0,2 - 0,6 mm und einem Lumen von 2 - 8 mm eingesetzt. Infolge der größeren Wandstärke kann die maximale Porengröße

1 bis zu Werten von  $2,5 \mu\text{m}$  ansteigen, um noch den vorstehend erwähnten Wassereintrittsdruck von etwa 1 bar aufzuweisen.

5 Dabei kann der Fachmann anhand des einzusetzenden Saugdrucks jeweils leicht die einzusetzende Wandstärke der Membran und die damit korrelierte Porengröße ermitteln.

10 Die Größe der Kammer 22, 74, 92, wird so gewählt, daß die bei Normalbetrieb der Dialysevorrichtung durchgesetzte Wassermenge ausreichend entgast werden kann. Üblicherweise liegt diese Größe in einem Bereich von 0,2 - 0,5 l.

15 Die Form der Kammer selbst ist unkritisch und kann den technischen Gegebenheiten der Dialysevorrichtung angepaßt werden.

20 Die Wahl der Oberfläche der flächigen Membran wird entsprechend dem abzuziehenden Luftvolumen gewählt und liegt vorteilhafterweise in einem Bereich von  $10 - 30 \text{ cm}^2$ . Dieser Bereich gilt auch für den Schlauch 70 und 87, so daß dessen Länge zwischen 10 und 20 cm und dessen Durchmesser zwischen 3 und 7 mm liegen.

25 Als Pumpe 118, die gemäß der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform vorteilhafterweise beide Luftabscheidungsgefäße entlüftet, kann eine übliche Kleinstpumpe mit geringer Leistungsaufnahme zum Einsatz kommen, so beispielsweise eine Aquariumpumpe.

30 Weiterhin kann anstelle des in Fig. 3 gezeigten gestreckten Schlauches in einer weiteren Ausführungsform dieser Schlauch spiralförmig aufgewickelt sein, so daß sich seine Oberfläche vergrößert und die Verweilzeit des Wassers im Unterdruckbereich verlängert wird.

35

1 Natürlich kann eine derartige spiralförmige Wicklung des  
Schlauchs auch im Behälter 48 vorgenommen werden, sofern  
dies zweckmäßig ist. Weiterhin kann gemäß der in Fig. 5  
gezeigten Ausführungsform das in Fig. 2 gezeigte Luft-  
5 abscheidegefäß 46 vorteilhafterweise eingesetzt werden.

In Fig. 6 ist eine weitere Ausführungsform gezeigt, die  
sich zur Anpassung an eine bereits bestehende Dialysier-  
vorrichtung eignet. Ähnlich dem in Fig. 5 gezeigten Di-  
10 alysesystem handelt es sich hier wiederum um ein Bilan-  
zierungssystem mit einer Primär- und Sekundärseite, die  
jeweils entgast werden müssen. Gemäß dem in Fig. 5 ge-  
zeigten System wird diese Entgasung folgendermaßen  
durchgeführt:

15 Die Primärseite weist das übliche, eingangs erläuterte  
Rezirkulierungssystem zur Luftentfernung auf, d.h. in  
der Leitung 30 ist im Unterdruckbereich zwischen der  
Drossel 106 und der Pumpe 104 ein Behälter 122 vorgese-  
hen, in dem die Gasfreisetzung verbessert werden kann.  
20 Stromab dieses Behälters 122 ist in der Leitung 30 das  
in Fig. 2 gezeigte Luftabscheidegefäß 45 derart vorge-  
sehen, daß die beiden Anschlußstutzen 66 und 69 auf dem  
Deckel 50 mit der Leitung 30 in Verbindung stehen, die  
stromab des Gefäßes 45 mit der Pumpe 104 verbunden ist.  
25 Somit steht die Kammer 76 direkt mit dem Unterdruckbe-  
reich in Verbindung, wobei frisches Dialysat als Luft-  
Wasser-Gemisch durch sie hindurchgefördert wird. Dieses  
Dialysat wird nach dem Rezirkulierungssystem stromab der  
30 Pumpe 104 auf einen Druck von etwa 0,4 - 2 bar kompri-  
miert und gelangt in den Behälter 124, aus dem es durch  
die Leitung 126 zum Bilanziersystem 110 weiterströmt.  
Weiterhin erfolgt in dem Behälter 124 eine Trennung über  
die Leitung 128, die zum Wasser- oder Dialysatreservoir  
102 zurückführt, wobei in dieser Leitung ein Rückschlag-  
35 ventil 130 vorgesehen ist, um ein Rückschlagen der umge-  
pumpten Flüssigkeit zu verhindern. Dabei werden die  
Flüssigkeitsmengen im Behälter 124 derart proportioniert,

M-21-

- 1 daß etwa zweimal soviel Flüssigkeit durch die Leitung  
128 entnommen wird, wie durch die Leitung 126.

- 5 Die sich an den Dialysator 108 anschließende Leitung 116  
steht über den Anschluß 78 mit dem Luftabscheidegefäß 45  
in Verbindung, wobei die in dieses Gefäß geförderte ver-  
brauchte Dialysatflüssigkeit am Boden des Gefäßes abge-  
zogen wird.

- 10 Sowohl im Primärteil als auch im Sekundärteil liegt ein  
Unterdruck vor, und zwar dergestalt, daß der Unterdruck  
im Primärteil etwa um <sup>mindestens</sup> -0,2 bis -0,4 bar größer ist. Die-  
ser Unterdruck reicht aus, um die im verbrauchten  
Dialysat vorliegende Luft durch den Schlauch  
15 70 aus der Kammer 74 in die Kammer 76 herüberzusaugen,  
so daß das Dialysat auf der Sekundärseite im wesentli-  
chen von überschüssiger Luft befreit wird. Dabei hat die  
Pumpe 104 die gleiche Eigenschaft wie die vorstehend be-  
schriebene Pumpe 118. Weiterhin ist in einem solchen Fall  
20 der Kombination von zwei Dialysaten jede der  
beiden Kammern 74 und 76 mit Wasser in Berührung.

- 25 Es muß nicht besonders hinzugefügt werden, daß zahlrei-  
che Abwandlungen des erfindungsgemäßen Luftabscheide-  
systems möglich sind, so kann anstelle eines Unterdruck-  
systems zur Abtrennung der Luft aus dem Dialysat auch  
ein Erwärmungssystem eingesetzt werden, sofern dies  
zweckdienlich erscheint.

30

35

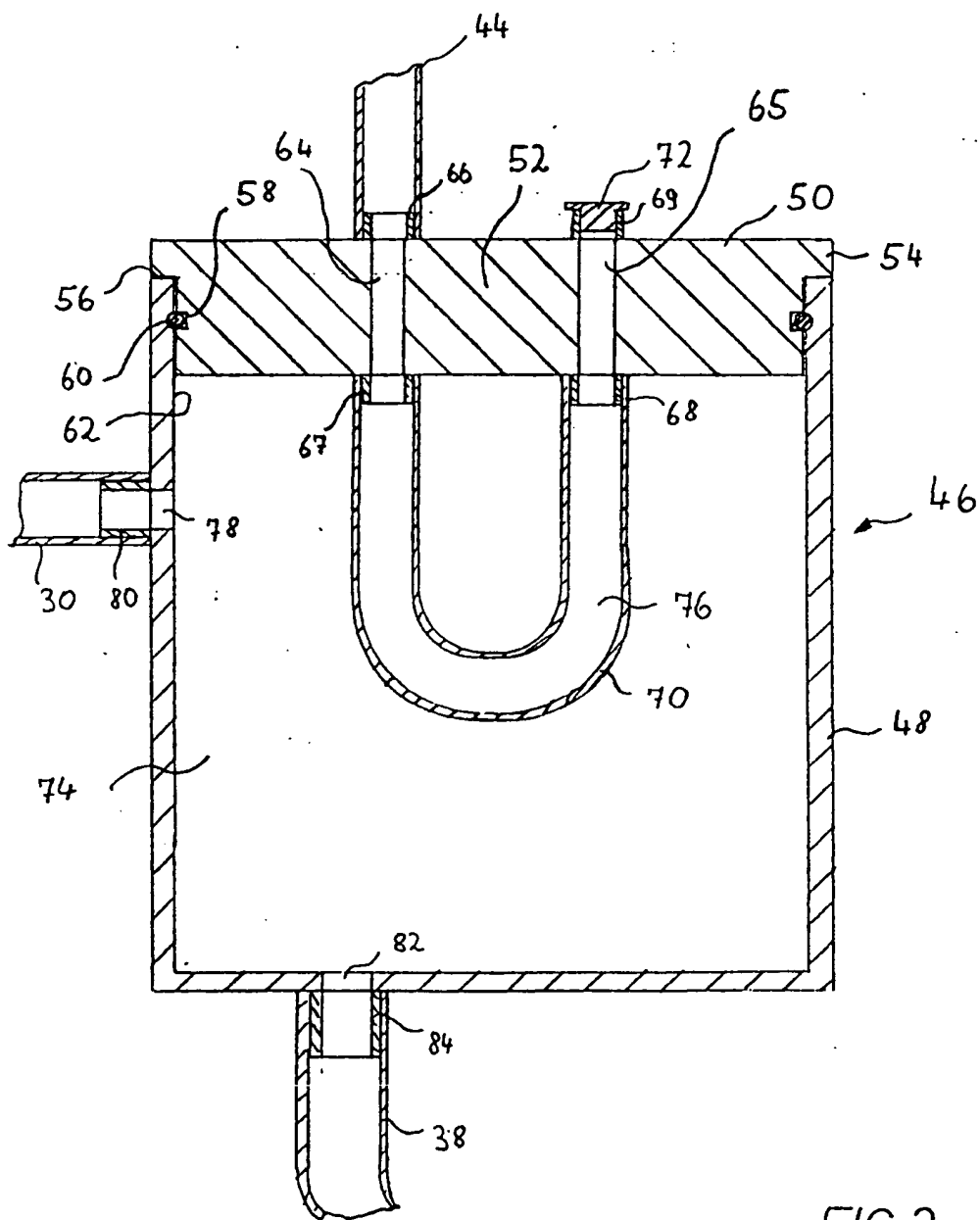


FIG. 2

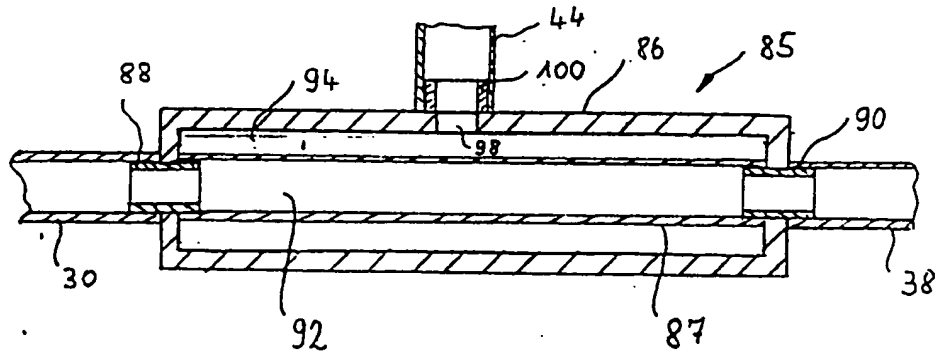


FIG. 3

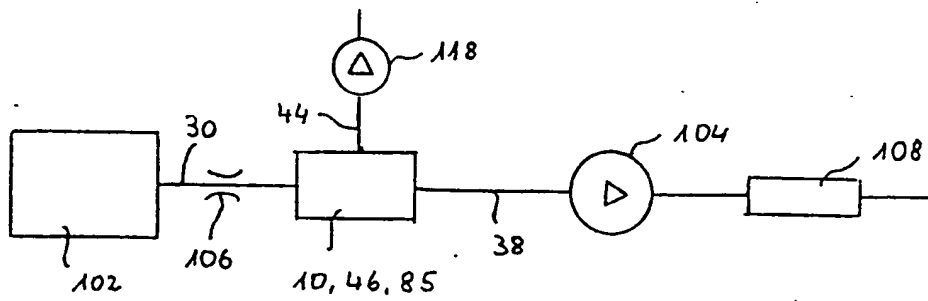


FIG. 4

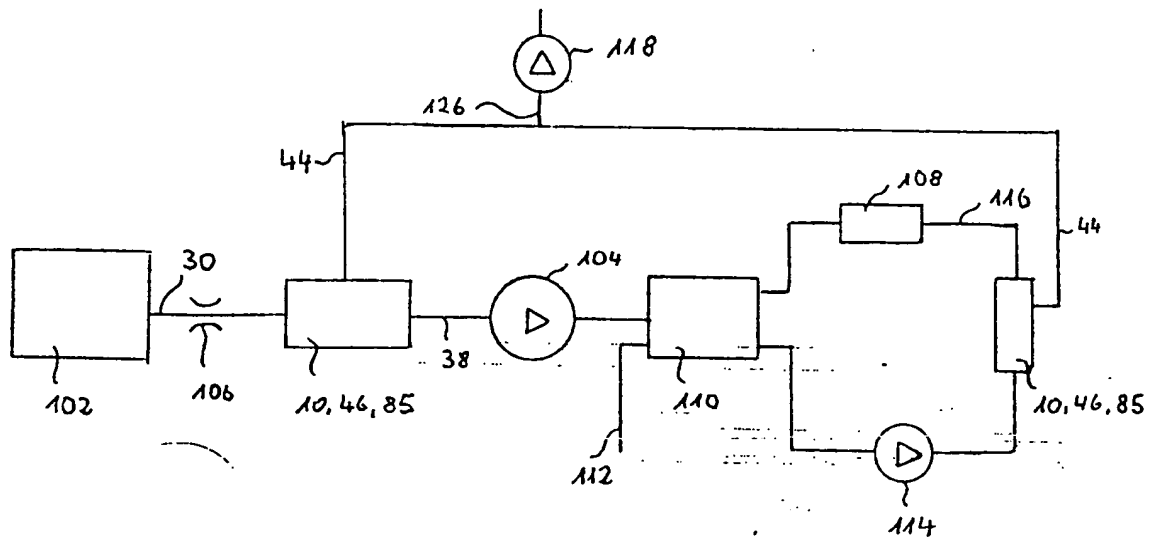


FIG. 5



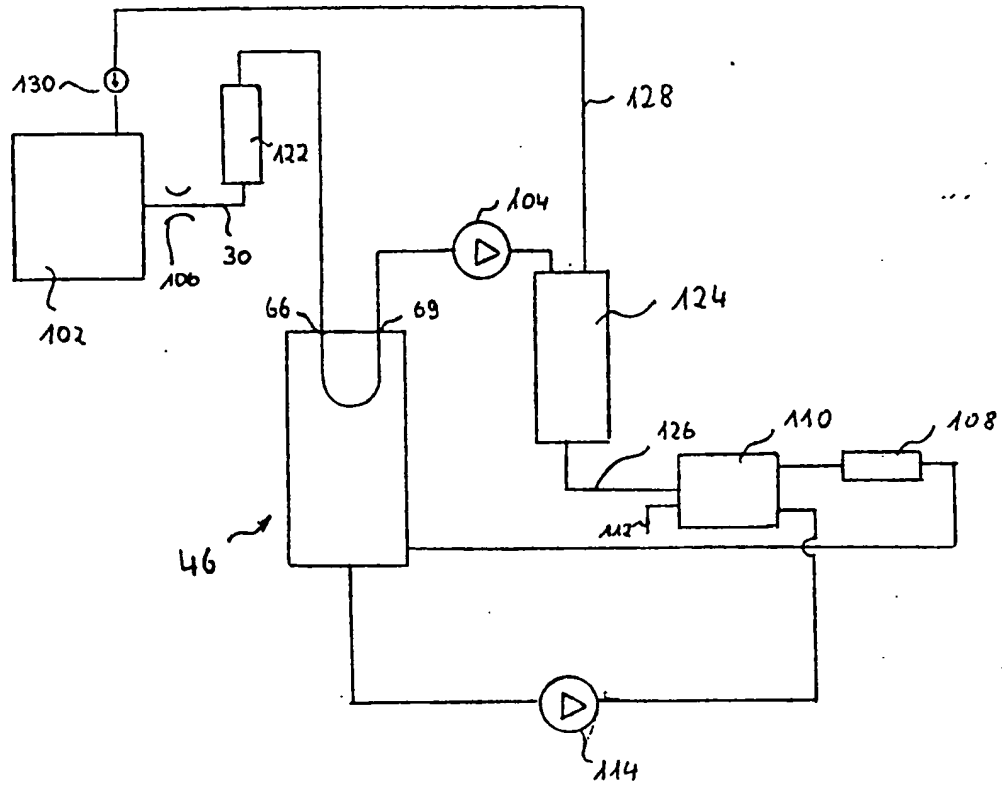


FIG. 6

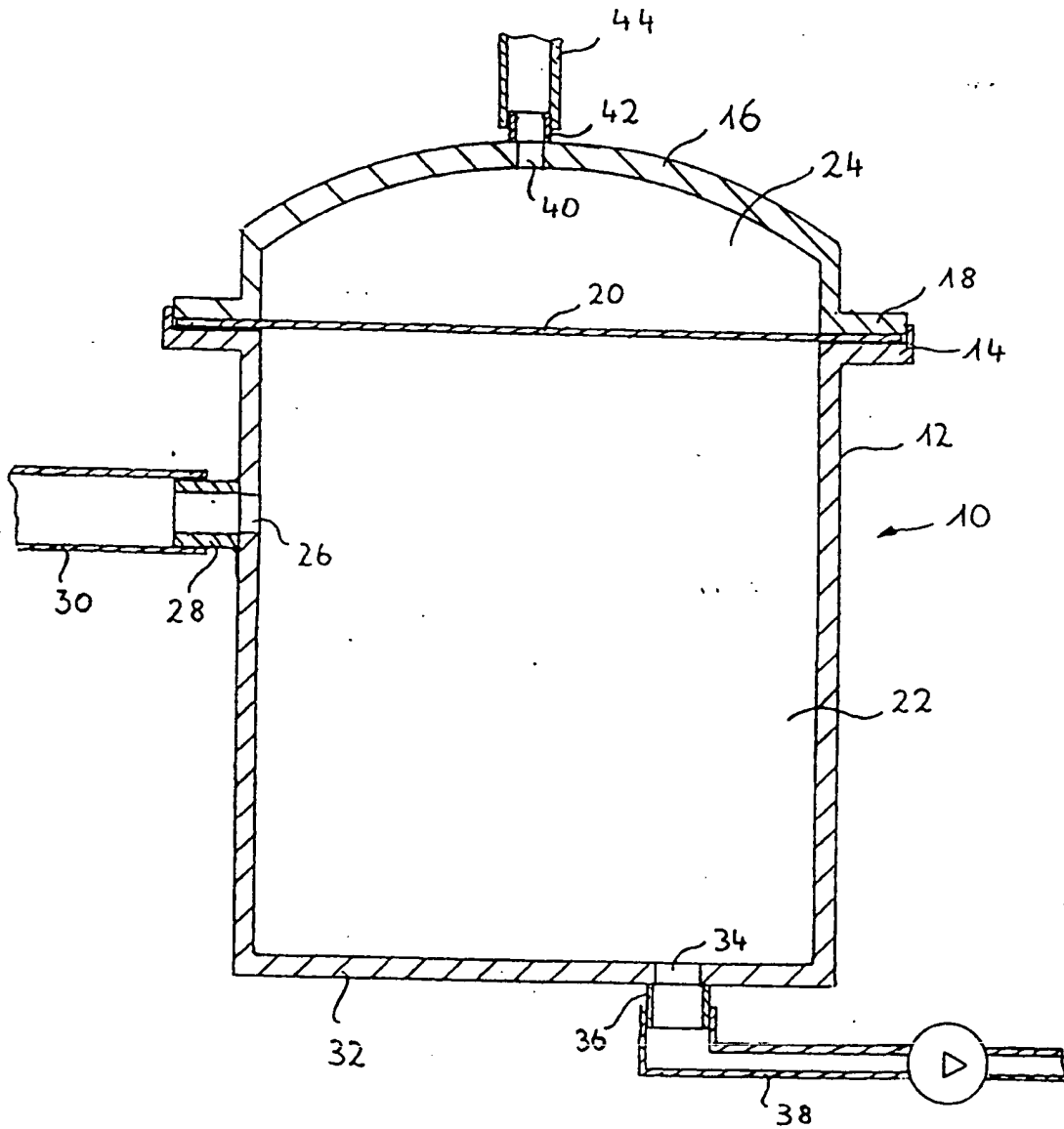


FIG 1

**Translation of claim 1**

1. Dialysis device with a dialyzer and a device for supplying dialysate, connected via a pipe having at least one pump for delivering the dialysate to and through the dialyzer, at least one restriction member for controlling a low pressure and at least one air separation container  
characterized in that the air separation container (10, 46, 85) is divided by a hydrophobic micro-porous membrane (20, 70, 86) into container chambers (22, 24, 74, 76, 92, 94), the container chamber (24, 76, 94) being connected with a suction pump (104, 118).

### **Translation of the preferred embodiment**

With 10, the first embodiment of an air separation container can be seen in Fig. 1. This air separation container consists of a pot-like container having a flange 14 at its edge.

This container 12 can be covered by a dome-like cover 16 that also has a flange 18 at its circumferential edge. The two flanges 14 and 18 match exactly and thus seal the air separation container. Between the two flanges 14 and 18, a micro-porous hydrophobic membrane 20 is placed such that it covers the whole cross-sectional area of the air separation container 10 and divides it into the container chamber 22 and the dome chamber 24.

The container 12 has preferably close to the membrane 20 an opening 26 being connected with a connection 28 on the exterior of the container 12. This connection 28 is connected with a feed pipe 30, which will be described in the following.

In the bottom of the container 12, there is also provided an opening 34, which in turn is connected with a connection 36. The pipe 38 also discussed in the following is connected to this connection 36.

Also the cover 16 has an opening 40, which turns into a connection 42, which in turn is connected with a pipe 44.

The embodiment shown in Fig. 2 consists of an air separation container 46, which is divided into a container 48 and a cover 50. The cover 50 has a central region 52, whose cross-sectional area corresponds to the inner cross section of the container 48. To the exte-

rior, a flange 54 connects to this central region 52, which can be placed in a sealing manner to the circumferential edge 56 of the container 48.

For a complete sealing, an annular groove 58 is provided on the outer perimeter of the central region 52, into which an O-ring seal is inserted, which closely connects with the inner wall 62 of the container 48.

The cover 50 is riddled with bore holes 64 and 65, to which on the top side and underside, respectively, of the cover 50 connections 66 and 67 as well as 68 and 69 are connected.

The connection 66 is in turn connected with the pipe 44.

The connection 67 is connected with a pipe 70 of micro-porous membrane material, whose other opening is connected with the connection 68, the connection 69 being closed by a plug 72.

In this embodiment, the pipe 70 is bent in a u-shaped manner. On the other hand, this plug 72 can directly close the end of the tube, wherein the pipe 70 can extend arbitrarily into the container 48.

This pipe 70 divides the container 48 into a first chamber 74 and a second chamber 76, which corresponds to the lumen of the preferably tube-shaped pipe 70.

Like the first embodiment, the container 48 has at the level of the underside of the cover 50 an opening 78, which is connected via a connection 80 with the feed pipe 30.

Also the bottom of the container 48 has an opening 82, which is connected via the connection 84 with the pipe 38.

In Fig. 3 a third embodiment is shown, which consists basically of a pipe 86, in which there is arranged coaxially a tube 87 of a micro-porous hydrophobic membrane material. The two open ends of the pipe 86 have connections 88 and 90, on whose inner region the tube 87 is slid on closely, and which are connected on their exterior with the feed pipe 30 and the tube 38, respectively. Thus, there is obtained a fluid mixture by the supply 30 via the tube 87 and the feed pipe 38.

Also in this embodiment, the lumen of the tube forms a first chamber 92, which is in connection with water, whereas the annular space 94 formed in the pipe 86 forms a second chamber, which is connected via an opening 98 provided in the pipe 86 and a connection 100 with the pipe 44.

Thereby, the whole arrangement forms the air separation container 85 shown in Fig. 3.

The operation mode of the air separation containers 10, 46 and 85 shown in Figs. 1-3 is discussed by means of the dialysis device shown schematically in Figs. 4, 5 and 6.

A water or dialysate reservoir 102, in which either ready-made dialysate from canisters or freshly produced dialysate by the aid of tap water and a concentrate is employed, is connected via the pipe 30 with the air separation container 10, 46 or 85, to which a suction pump 104 is connected via the pipe 38. This suction pipe 104 draws off dialysate saturated with air from the reservoir 102 and conveys it into the air separation container 10, 46 or 85. Upstream of this air separation container there is provided an organ 106 inhibiting the water flow, so that there develops a low pressure of -0.4 to 0.8 bar within the low pressure region. This low pressure region thus extends from the restrictor 106 via the air separation container to the suction pump 104.

The common dialysis system connects to the pump 104, which, among others, has a dialyzer 108 according to Fig. 4.

According to the dialysis device shown in Fig. 5 the dialysate is supplied downstream of the pump 104 firstly to a balance unit 110, on whose outlet there is again provided the dialyzer 108. This balance unit is, for example, described in DE-OS 28 38 414, to which it is referred.

Since air can accumulate downstream of the balance unit 110 in the dialysis system, there is provided a further air separation system downstream of the dialyzer 108. Downstream of the pump 114, the pipe discharges again into the balance unit 110, from which the used dialysate is finally separated via a pipe 112.

The hydrous dialysate is pumped by means of a pump 104 and 114, respectively, through the pipe 30 and 116, respectively, into the first chamber 22, 74, 92, wherein the air separation container 85 shown in Fig. 3 is preferably arranged perpendicularly.

The amount of air released in the air separation container 85 via the low pressure is sucked off through the hydrophobic micro-porous membrane 20 discussed below or the tube 70 and 86, respectively, by means of the pump 118, respectively, and is delivered into the open. Thereby, the efficiency of the pump is limited by the vacuum generated by it, the water being securely held back at the hydrophobic membrane, whereas the released air is completely sucked off into the second chamber 24, 76, 94 through the membrane material and is delivered into the open via the pump 118.

Since there exists a low pressure of about 0.4 to 0.8 bar in the low pressure region, there must inevitably be applied a suction pressure at the pump 118, which overcomes this low pressure and the membrane resistance. This pump 118 can be operated intermittently as well as continuously, wherein it has to be seen in the intermittently operation mode that the pipe 44 is closed when the pump is turned off. This can be done, for example, by an electromagnetic valve not shown, which is opened when the pump 118 is turned on. On the other hand, the pump 118 can be a barrier itself, which can bring about a roller pump.

An intermittent operation mode is to be preferred if only little air is present in the dialysate. In this case, the pump can be controlled such that it is turned on and off in certain periods, without a leakage of the chamber 22 and 74. In the embodiment shown in Fig. 3, however, the pump has to run permanently, as there does not exist a quasi-stationary state in this air separation system.

Hydrophobic membranes are known in the field of medical engineering and are, for example, used as sterile filters for protection against infections and as artificial vessel material.

Such materials are, for example, polyethylene, polypropylene, polysulfones and polymeric halogenated hydrocarbons. Polypropylene and polymeric fluorinated hydrocarbons, in particular PTFE, are preferred. Such a membrane material can be produced by irradiation with radioactive particles or in form of a fleece and is, for example, put on the market by the company Gore under the labelling GORE-TEX.

Such membrane foils usually have a thickness of 0.05 to 0.1 mm and have a pore size of 0.02 to 1.0, preferably of 0.2 to 0.5  $\mu\text{m}$ . Thereby, the porosity is in a range of 50 to 90 %.

Pore size and membrane thickness are correlated factors and are chosen such that the water intake pressure is a little above the pressure to be applied by the suction pump 118 to the membrane. Preferably, a membrane material is chosen, whose minimal water intake pressure is above 1 to 2 bar.

A plane PTFE membrane has, for example, turned out to be applicable, which has a medium pore size below 0.5  $\mu\text{m}$  and whose thickness is about 0.06 to 0.8 mm. Such a membrane surely lets pass the released air at the indicated suction pressures.

Since membranes that are that thin are usually not suited for the production of a tube 70 and 86, respectively, tubes of a larger wall thickness, for example 0.2 to 0.6 mm, and with a lumen of 2 to 8 mm are used. As a result of the greater wall thickness, the maximal pore



size can increase to values up to 2.5  $\mu\text{m}$  to have the water intake pressure of about 1 bar mentioned above.

Thereby, the person skilled in the art can easily determine the wall thickness of the membrane to be used and thus the correlating pore size, respectively by means of the suction pressure to be used.

The size of the chamber 22, 74, 92 is chosen such that the amount of water put through during normal mode of the dialysis device can be degassed sufficiently. Usually, this size is in a range of 0.2 to 0.5 l.

The form of the chamber itself is non-critical and can be adapted to the technical conditions of the dialysis device.

The choice of the surface of the plane membrane is chosen accordingly to the air volume to be sucked off and is preferably in a range of a 10 to 30  $\text{cm}^2$ . This range does also apply for the tube 70 and 87, so that its length is between 10 and 20 cm and its diameter is between 3 and 7 mm.

A usual minimum-sized pump with little power input, such as an aquarium pump, can be used as pump 118, which deaerates according to the embodiment shown in Fig. 5 preferably both air separation containers.

Moreover, instead of being stretched as shown in Fig. 3, this tube can be wound up helically in a further embodiment, so that its surface is enlarged and that the dwell period of the water in the low pressure region is prolonged.

Such a helically winding of the tube can, of course, also be carried out in the container 48, if this is useful. Further, according to the embodiment shown in Fig. 5, the air separation container 46 shown in Fig. 2 can preferably be used.

In Fig. 6 a further embodiment is shown, which is suitable for an adaptation to an already existing dialysis device. Similar to the dialysis system shown in Fig. 5, this is again a balance system with a primary and a secondary side, which have to be degassed, respectively. According to the system shown in Fig. 5, this degasification is carried out as follows:

The primary side has the usual recirculation system for deaeration discussed initially, i.e. there is provided a container 122 in the pipe 30 in the low pressure region between the restrictor 106 and the pump 104, in which the release of gas can be improved. Downstream of this container 122 the air separation container 45 shown in Fig. 2 is provided in the pipe 30 such that the two connections 66 and 96 are connected on the cover 50 with the pipe 30, which is connected downstream of the container 45 with the pump 104. Thus, the chamber is directly connected with the low pressure region, wherein fresh dialysate is conveyed through the chamber as air/water mixture. This dialysate is compressed after the recirculation system downstream of the pump 104 to a pressure of about 0.4 to 2 bar and reaches the container 124, from where it continues to flow through the pipe 126 to the balance system 110. Further, a separation takes place in the container 124 via the pipe 128, which leads back to the water or dialysate reservoir 102, wherein a check valve 130 is provided in this pipe to prevent a return stroke of the fluid pumped over. Thereby, the amount of fluid in the container 124 is proportioned such that about twice as much fluid is removed by the pipe 128 than by the pipe 126.

The pipe 116 connecting to the dialyzer 108 is in connection with the air separation container 45 via the connection 78, wherein the used dialysate fluid conveyed into this container is drawn off at the bottom of the container.

In the primary part as well as in the secondary part, there is a low pressure, such that the low pressure is at least about -0.2 to -0.4 bar higher in the primary part. This low pressure is sufficient to suck the air present in the used dialysate via the tube 70 from the chamber 74 into the chamber 76, so that the dialysate on the secondary side is essentially freed from

spare air. Thereby, the pump 104 has the same characteristic as the pump 118 described above. Further, each of the two chambers 74 and 76 is in connection with water in such a case of a combination of two dialysates.

It does not have to be pointed out in particular that numerous variations of the air separation system according to the invention are possible, there can also be applied a heating system for separating air from the dialysate instead of a low pressure system, if this appears to be useful.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**